

Nachhaltige Produktentwicklung

Analyse der Nachhaltigkeit: Espressomaschine



1 Einleitung

Im Rahmen der Vorlesung „Nachhaltiger Produktlebenszyklus“ wurde eine Siebträger Espresso-Maschine als Beispiel für ein defektes Gerät analysiert und repariert. Dabei handelt es sich um eine eingruppige Einkreis-Maschine, Modell Stella, der deutschen Firma Bazzar. Das Gerät ist baugleich mit dem Modell Venus des italienischen Herstellers Isomac, was Vorteile für die Ersatzteilbeschaffung, sowie der Menge an Informationen aus dem Internet bietet. Da das Typenschild an der Unterseite der Maschine nicht mehr erkennbar war, konnte das Produktionsjahr nicht genau bestimmt werden. Aufgrund des Verschleißes der Maschine (z.B. Sprödigkeit der Isoliertüllen für die Flachstecker) wird das Produktionsjahr auf die Jahrtausendwende geschätzt. Produziert wird das Modell bis heute.

Technische Daten:

Leistung [W]: 1200	Stromanschluss [V]: 220
Abmessungen (BxHxT) [mm]: 230x380x330	Gewicht [kg]: 13
Pumpe: Vibrationspumpe Ulka EK5; 15 bar	Gehäusematerial: Edelstahl
Kesselvolumen [l]: 0.3	Kesselmaterial: Messing
Expansionsventil: Ja, im Warmwasserbereich	Entlüftungsventil: Nein
Magnetventil: Ja	Automatische Kesselfüllung: Nein
Brühgruppentyp: an Kessel angeflanscht	Siebträgerdurchmesser [mm]: 58mm
Aufheizzeit: 15-30min	Siebdurchmesser [mm]: 58mm

Ausstattung:

Dampfdüse: Ja	Heißwasserausgabe: Ja
Festwasseranschluss: Nein	Wassertank [l]: 3,0
Pumpenmanometer: Ja	Kesselmanometer: Nein
Automatische Dosierung: Nein	

Quelle: https://www.kaffeewiki.de/wiki/Isomac_Venus

Die Hauptfunktion der Maschine, die Zubereitung von Kaffee, war vorhanden. Jedoch waren einige Defekte an den Teilfunktionen der Maschine erkennbar und mussten behoben werden.

Der Aufbau der Maschine ist einfach gestaltet. An der Vorderseite befinden sich 4 Schalter für Hauptstromzufuhr, Kaffeeausgabe, Heißwasserausgabe und Dampfausgabe mit je einer roten Leuchte. Zur Messung des Kesseldrucks ist ein analoges Manometer installiert. Über der Abtropfschale befindet sich die Brühgruppe mit Siebträger. Rechts daneben befindet sich der Dampfahh. Der Deckel der Maschine kann ohne Werkzeug abgehoben werden, um den Tank mit Wasser zu befüllen.

2 Nachhaltigkeitsgerecht

2.1 Lebensdauerangepasst

Im Hinblick auf die Lebensdauer stellt das Gesamtsystem und auch Siebträgermaschinen im Allgemeinen eine langlebige Einheit da. Bei regelmäßiger Wartung, Reinigung und Pflege halten Maschinen dieser Art mehrere Jahrzehnte. Im Vergleich zu Kaffeevollautomaten besitzen Siebträgermaschinen wenig bis keine bewegten Teile. Diese und andere Komponenten sind meist aus einem massiven Werkstoff und nicht aus Kunststoff gefertigt. Dazu kommt die fehlende komplexe Elektronik, welche das Fehlerrisiko weiter erhöhen würde.

2.1.1 Verschleißarm

In Siebträgermaschinen mit ähnlichem Aufbau wirken nur wenige bewegte Teile. Dennoch besitzt auch das analysierte Gerät Quellen für Verschleiß.

Dadurch, dass es sich um ein Wassersystem mit vielen Komponenten handelt, müssen entsprechende Dichtungen verwendet werden, um Leckagen zu vermeiden. Die Dichtungen werden mit der Zeit spröde und müssen ersetzt werden. Bei einigen Siebträgermaschinen wird die geringe Härte des für die Rohre verwendeten Kupfers, aber auch des Messings genutzt, um eine konisch geformte Selbstabdichtung durch eine Überwurfmutter zu schaffen. Dieses Dichtungssystem aus nicht organischen Materialien hält zudem dem maximalen Pumpendruck von 15 bar stand. Bei den übrigen Dichtungen, ist zudem der Einfluss von Schmutz und Kalk im Wasser zu berücksichtigen.



Abbildung 1 - Löt nipple für Konusdichtung

Neben den nur teilweise verschleißkritischen Ventilen ist das Augenmerk auf die Pumpe zu legen. Dabei handelt es sich bei der Bazaar Stella um eine Schwinganker

oder auch Vibrationspumpe. Ein Elektromagnet versetzt hierbei den Anker (6) mit Hilfe einer Druckfeder (5) in Schwingung. Dadurch wird mit 2 Ventilen (7,9) Wasser mit bis zu 15 Bar gefördert. Die Pumpe ist durch dieses Prinzip nicht trockenlaufgeeignet und sollte daher bei längerem, kontinuierlichem Betrieb durch Thermoschalter oder Thermosicherungen geschützt werden. Abrieb und ein potenzielles, frühzeitiges Versagen ist die Folge.

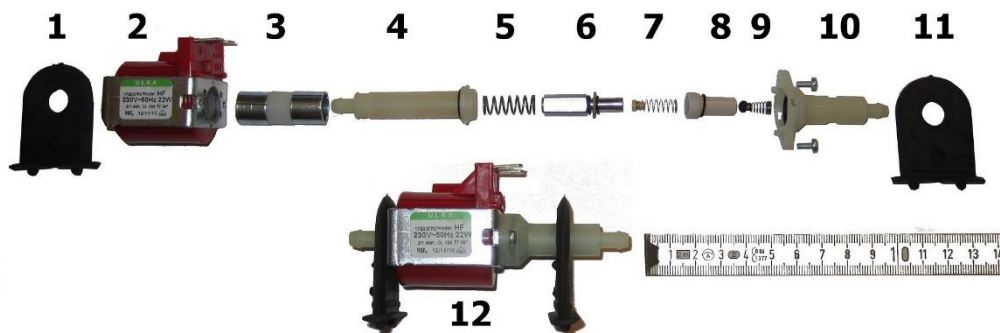


Abbildung 2 - Einzelteile Schwingankerpumpe

Damit das System lebensmittelecht bleibt, muss auf synthetische Schmierstoffe verzichtet werden.

Übersicht verschleißanfälliger Bauteile:

Bauteil	Auswechselbarkeit
Pumpe	Gut – Einzelteile teilweise verfügbar
Schraubventil für Dampfausgabe	Sehr gut – kein Ausbau anderer Teile notwendig
Dichtungen	Bedingt – Heizstab u. Kesseldichtung → kpl. Demontage
Magnetventil	Schlecht – unten im Gehäuse
Schalter	Gut
Drehverschluss Siebträger	Schlecht – Tausch kpl. Siebträger erforderl, jedoch selten
Gewinde aus Messing/Kupfer	Schlecht – im Sonderteil Kessel, evtl. größeres Gewinde

2.1.2 Fehlerarm

Im Vergleich zur Einfachheit konventioneller Möglichkeiten, Kaffee zuzubereiten, wie beispielsweise eine Moka-Espressokanne sind elektronische Maschinen wesentlich kurzlebiger. Ein voll- oder teilautomatisches Gerät ist durch seine erhöhte Komplexität und die verbaute Elektronik fehleranfälliger. Auch bei der analysierten Maschine funktionieren Schalter, Leuchten, Pumpe, Heizstab usw. nicht auf Dauer. Regelmäßige Wartung und ordnungsgemäße Benutzung wirken sich positiv darauf aus.

Dennoch besitzt die Maschine beispielsweise keine empfindliche Elektronik, bestehend aus Halbleiter- und Digitaltechnik, welche heutzutage eine große Fehlerquelle darstellt. Verbaut ist einfachste Elektrik mit 230V Spannung.

Die Möglichkeiten einen Fehler hervorzurufen, beschränken sich auf folgende Punkte:

Einfluss	Beschreibung, Beispiel
Mechanische Einwirkung	Trotz Robustheit – Fall aus 1m Höhe kritisch
Verschleiß	Ermüdung von Teilen, zu erwarten
Falsche Bedienung	Trockenlauf, Betrieb Heizstab ohne Entlüftung
Unzureichende Wartung	Falscher Zusammenbau, ...
Unzureichende Pflege	Fehler aufgrund von Verunreinigung
Umwelteinflüsse	z.B. Blitzeinschlag
Unregelmäßige Sichtprüfung	tropfendes Wasser, Kabelbrüche, Abnormitäten

2.1.3 Lärmarm

Der größte Lärmerzeuger bei der Bazzar Espressomaschine ist die Vibrationspumpe. Bei Trockenlauf ist der Lärmpegel zusätzlich erhöht. Um die Weitergabe des Körperschalls an das Gehäuse zu verhindern, wurden konstruktiv 2 Gummipuffer eingesetzt, die die Pumpe halten. Reduzierung ist bei gleichbleibender Pumpenbauweise durch Optimierung der Puffer, sowie Schalldämmung des Gehäuses zu erreichen. Jedoch ist der Pegel des Lärms vertretbar.

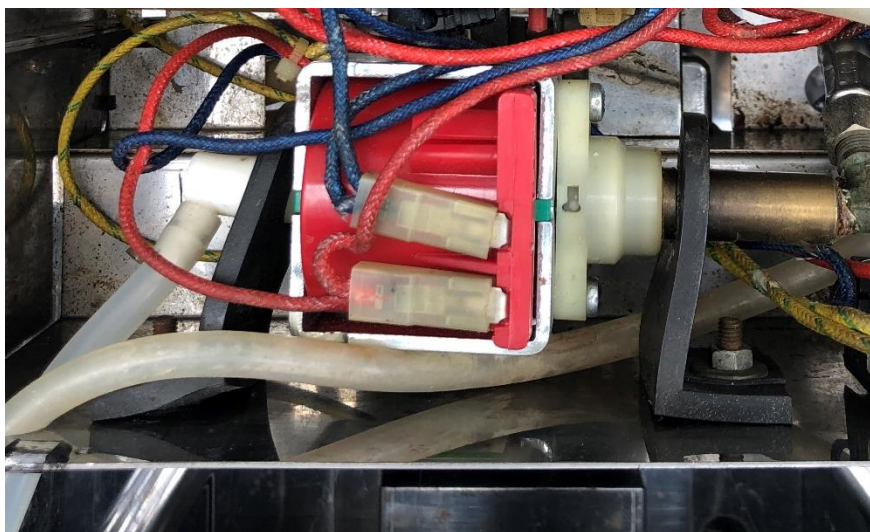


Abbildung 3 - Vibrationspumpe mit Gummipuffer

Ein Nachteil der Maschine ist, dass beim Betrieb die einzelnen Blechteile, aus denen das Gehäuse besteht, in Schwingung versetzt werden und so gegeneinanderstoßen. Betroffen sind Teile, die aus Gründen der leichten Demontage und Wartung nicht fest mit dem Gesamtsystem verbunden sind, wie beispielsweise die Abtropfschale oder die Gehäusedeckel. Ein Vorbesitzer hat wegen diesem Problem an der Unterseite eines Deckels ein gummiartiges Klebeband benutzt. Jedoch ist diese Lösung nicht resistent gegen die Temperatur, auf die das Gehäuse beim Betrieb erwärmt wird und die weich gewordene Gummimasse klebt sich an andere Bauteile.

Da die Verstärkung des Lautstärkepegels durch die aneinander vibrierenden Blechteile signifikant ist, sollte dieser Ansatz an mehreren Stellen mit einem temperaturfesteren Material ausgeführt werden.



Abbildung 4 - Klebeband

2.1.4 Korrosionsgerecht

Im Hinblick auf die Korrosion ist das Gehäuse der Siebträgermaschine nahezu resistent, weil es aus poliertem, hochlegiertem Stahl (ugs. Edelstahl) hergestellt wurde. Lediglich am Boden des Gehäuses sind geringste Flugrostspuren ersichtlich. Dabei rostet nicht der hochlegierte Stahl selbst, sondern Ablagerungen und Metallpartikel anderer Quellen aus unlegiertem Stahl. Vermuten lässt sich dies auch an dem vorderen Gewindebolzen, an dem ein Halteblech aus unlegiertem Stahl mit einer verzinkten Mutter befestigt war.



Abbildung 5 - Vorderer Gewindebolzen

Zudem sind die Muttern, welche den Heizstab befestigen, aus Stahl gefertigt und konnten bei der Demontage nur unter Einfluss von Hitze gelöst werden. Grund dafür war ein Festsetzen der Mutter durch Rost. Ein Austausch gegen Messingmuttern wäre daher zur leichteren Demontage empfehlenswert.



Abbildung 6 - Demontage Mutter für Heizstab

Im Gegensatz zum Stahl sind Oberflächen aus Messing und das Kupfer von Bildung einer Oxidschicht betroffen, was aber wenig Nachteile mit sich zieht. Die Schicht fungiert als natürlicher Werkstoffschutz und verhindert Zersetzung. An besonders betroffenen Stellen entsteht durch den Kontakt mit dem Wasser und Luft wird eine grünblaue Kupferpatina, welche fälschlicherweise häufig als Grünspanschicht bezeichnet wird. Grünspan entsteht jedoch nur, wenn Kupfer in Verbindung mit Essigsäure kommt, was bei der untersuchten Maschine nicht der Fall ist. Besonders gut erkennbar ist die Patina am und im Kessel, an den Messing-Gewindebolzen und am Messing-Stück der Pumpe.



Abbildung 7 - Kessel, teilweise mit Zitronensäure behandelt



Abbildung 8 - Gewindebolzen zur Befestigung Pumpe

Für eine grundlegende Reinigung, auch aus optischen Gründen, kann mit Zitronensäure diese Oxidschicht entfernt werden.

2.1.5 Wartungsgerecht

Die Wartungsmaßnahmen bei der Espressomaschine beschränken sich bei der Reinigung der Maschine auf das Spülen des Systems mit Entkalkungsmittel und Reinigen der, von außen erreichbaren, Teile (z.B. des Brühkopfes). Empfohlene Intervalle wurden aus der Bedienungsanleitung entnommen. Am Brühkopf muss besonders auf Sauberkeit geachtet werden, da dort das gemahlene Kaffeepulver mit Wasser in das System eindringen kann.

Das Entkalken dient zur Entfernung von Kalkablagerung an Bauteilen, welche negative Auswirkungen auf die Funktion (z.B. Wirkung Heizstab) und den Durchfluss haben. Dabei darf niemals Essighaltige Entkalker verwendet werden, da sonst giftiges Kupferacetat (Grünspan) bei Kontakt mit Messing oder Kupfer entsteht.

Wartung	Intervall, Information
Reinigung des Siebträgers	Mindestens einmal wöchentlich
Durchspülen mit Entkalker	2-6 Monate mit Zitronensäure oder spez. Entkalker
Brühkopf reinigen	Wöchentlich mit Blindsieb und Reinigungstablette
Brühkopfdichtung	1x monatlich, scharfe Gegenstände vermeiden

In Bezug auf das Medium im System ergeben sich Wartungsarbeiten, wie das Entleeren, Befüllen, Entlüften und Wechseln des Wasserfilters.

Wartung	Intervall, Information
Nachfüllen des Wassertanks	Bei Bedarf, Trockenlauf Pumpe vermeiden
Entleeren der Abtropfschale	Bei Bedarf
Entlüften der Maschine	Nach jeder Dampfentnahme, Schutz des Heizstabs
Wechseln des Wasserfilters	Verlängern der Entkalkungsintervalle

Zur Wartung müssen keine Bauteile aufwändig abgeschraubt werden, sondern nur entnommen werden (z.B. Gehäusedeckel). Lediglich bei gründlicher Reinigung des Brühkopfes muss eine Schraube entfernt werden, um das Sieb zu reinigen.

2.1.6 Inspektionsgerecht

Für die Inspektion ist man auf die subjektive Wahrnehmung und Beobachtung des Benutzers angewiesen. Jegliche Fehler müssen auf Grundlagen von Abnormalitäten im Betrieb erkannt werden, da jegliche Sicherheitseinrichtungen wie Zustandsüberwachung, mit Ausnahme der Druckanzeige, fehlen. Dazu gehören beispielsweise folgende Aspekte ungewöhnlicher Art:

Geschmack des Kaffee	Geräusche	Geruch
Tropfendes Wasser	Sichtprüfung	Auslösen einer Sicherung
Auslösen des FI-Schalters	Fehlfunktion	Haptik
Druckverlust	Überdruck	Anzeigefehler Leuchten

2.1.7 Reparaturgerecht

Nach dem Erkennen eines Fehlers muss entschieden werden, ob eine Reparatur in Frage kommt, das Gerät als defekt verkauft oder sogar entsorgt wird. In den meisten Fällen lässt sich mit wenig Geld die Maschine privat selber reparieren. Unterstützt wird dies durch den hervorragenden Ersatzteilmarkt und Reparaturanleitungen über das Internet. Bei mangelnder Zeit oder Erfahrung kann das Gerät auch zur Reparatur in eine Werkstatt gegeben werden.

Für die Reparatur ist kein Spezialwerkzeug notwendig. Vor jeder Demontage muss die Stromzufuhr getrennt werden. Nach Abnahme des Deckels lässt sich durch Entfernen 2 kleiner Schrauben das obere Blech entnehmen und alle Bauteile sind mit dem Blick in das Innere der Maschine erkennbar. Die einzelnen Komponenten müssen bei Demontage von oben nach unten entnommen werden, da der Platz zwischen den Bauteilen begrenzt ist. Das größte Risiko für einen falschen Zusammenbau birgt die Steckverbindungen am Kabelbaum, welche alle die gleiche Größe haben. Zwar gibt es im Internet einen Schaltplan, jedoch empfiehlt es sich, die Steckverbinder zu beschriften.

Abgesehen von den Steckverbindern ist es eindeutig, welche Komponenten wohin gehören. Es gibt wenige Möglichkeiten, ein Bauteil an einer anderen Stelle zu verbauen. Alle Dichtungen haben beispielsweise eine, mit dem Auge erkennbar, unterschiedliche Größe und Form. Bei den Thermostaten am Kessel sollte jedoch darauf geachtet werden, an welcher Position sie zuvor montiert waren.

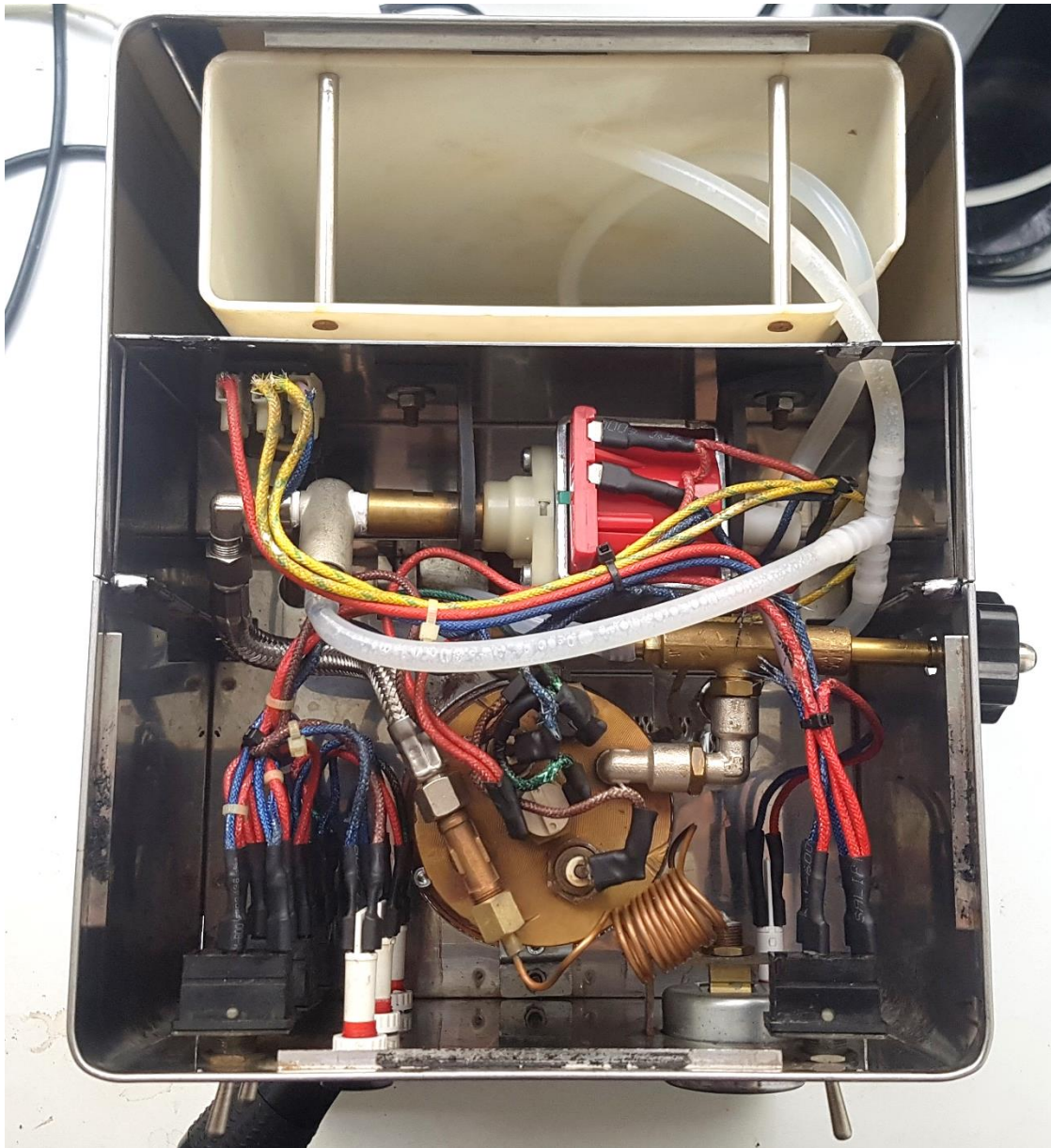


Abbildung 9 - Blick in das Innere der Maschine

Die Zeit für eine komplette Demontage des Gerätes beträgt, je nachdem wie geübt man darin ist, 1-2 Stunden. Im Anhang wird eine Reparaturanleitung für eine schnellere Instandsetzung beigelegt. Darin enthalten ist auch die Beschreibung für ein Upgrade zur Verbesserung der Maschine.

Bewertung montage-/demontagegerecht:

Fügemethode	Gut - Hauptsächlich Schraubverbindungen oder Steckverbindungen (Kabel, Schläuche), Kunststoffgewinde anfällig für Bruch
Zugänglichkeit	Gut, jedoch nur von oben, seitliche Zugriffsmöglichkeit wünschenswert
Sicherheit	Schlecht – Verbrennungsgefahr, Strom 230V
Eindeutigkeit	Gut, abgesehen von Kabelsteckverbindungen
Kompetenz	Grundlegende technische Kenntnisse notwendig
Werkzeug	Einfaches Werkzeug, kein Spezialwerkzeug notwendig

2.1.8 Frugal

Tatsache ist, dass es einfachere Möglichkeiten, wie eine Moka-Kanne, zur Zubereitung von Kaffee gibt. Jedoch soll im Folgenden die Bazzar Espressomaschine auf ihre Ausführung im Bezug auf die Benutzerfreundlichkeit, Funktionalität und Einfachheit, sowie den Energieverbrauch bewertet werden.

Benutzerfreundlichkeit:

Bei dem untersuchten Modell gibt es keine Beschriftung der Schalter. Dies hat zur Folge, dass unerfahrene Bediener nicht wissen, welcher Schalter welcher Funktion dient. Neuere Modelle werden mit beschrifteten Schaltern geliefert.

Besonders bei älteren, gebrauchten Maschinen ist das Benutzerhandbuch über die Zeit verloren gegangen. Dennoch gibt es zu diesem Modell die dazugehörige Gebrauchsanweisung im Internet zu downloaden.



Abbildung 10 - Aktuelle Variante

Unter anderem wird in der Gebrauchsanweisung darauf hingewiesen, nach der Dampfentnahme (zum Aufschäumen von Milch) das System durch Heißwasserentnahme zu entlüften, um so eine Beschädigung der Heizung zu verhindern. Eine automatisierte Lösung dieses Problems gibt es bei der Bazzar Stella nicht.

Ein weiteres Problem ist die fehlende Anzeige für einen entleerten Tank, was den Trockenlauf der Vibrationspumpe zur Folge hat. Vergleichbare Modelle besitzen ein Sichtfenster zur Füllstandsanzeige des Tanks. Als Upgrade ließe sich auch ein elektrischer Schwimmerschalter oder ein mechanischer Schwimmer installieren.

Abschließend ist zu sagen, dass ein gewisses Interesse oder Vorwissen durch Erfahrung beim Kauf einer solchen Siebträgermaschine von Vorteil ist.

Funktionalität und Einfachheit:

Im Vergleich zu einem Kaffeevollautomaten ist die Bedienung schwieriger, da mehrere Schritte zur Zubereitung des Kaffees notwendig sind. Auch das Aufschäumen von Milch bedarf ein wenig Übung. Dennoch sind Funktionen und klar und verständlich. Störende Sensoren, welche einen auf die Reinigung des Gerätes hinweisen, sind nicht vorhanden.

Bei Betrachtung der Bedienelemente könnte sogar eine Reduzierung der Leuchtanzeigen Vorteile für die Einfachheit bringen. Die Lampen für Dampf und Heißwasser werden leuchten, wenn die jeweiligen Schalter betätigt werden. Die Aktivierung der Funktion sieht man jedoch schon an der Schalterstellung. So könnte auf 2 Leuchten verzichtet werden.

Energieverbrauch:

Hauptverbraucher der Kaffeemaschine ist der 1200W Heizkörper, welcher bei eingeschalteter Maschine solange heizt, bis ein Signal vom einem Thermostat kommt, dass eine Kesseltemperatur von über 100°C erreicht ist. Dieser periodische Aufheizvorgang findet, abgesehen vom Kaltstart der Maschine in etwa alle 15 Minuten für 40 Sekunden statt. Wenn wir davon ausgehen, dass das Gerät in der früh um 7 Uhr eingeschaltet wird, bis Nachmittags um 16 Uhr läuft und im Kaltstartvorgang alle 5 Minuten geheizt wird, ergibt sich folgende Rechnung.

$$\left(\frac{15\text{min}}{5\text{min}}\right) * 40\text{s} + \frac{8,75\text{h} * \frac{1\text{h}}{60\text{min}}}{15\text{min} + 40\text{s} * \frac{1\text{min}}{60\text{s}}} * 40\text{s} \approx 1460\text{s} \approx 24,34\text{min} \approx 0,41\text{h} \text{ (pro Tag)}$$

Gehen wir von einem Wert von 0,45h pro Tag aus, da durch die Kaffeeentnahme Kaltes Wasser nachfließt. Dazu kommt der Verbrauch der Pumpe, welche bei 10mal Kaffeeentnahme pro Tag mit 48W für 30s läuft:

$$1200\text{W} * 0,45\text{h} + 48\text{W} * 10 * \left(30\text{s} * \frac{1\text{h}}{60\text{min}} * \frac{1\text{min}}{60\text{s}}\right) \approx 544\text{Wh}$$

Bei dem Preis einer Kilowattstunde für 32ct kostet der Betrieb pro Tag 17,4ct. Verbraucher wie Magnetventil und Leuchten nicht berücksichtigt.

3 Fazit

Der Markt um Produkte der Kategorie Siebträgermaschinen unterscheidet sich sehr von anderen vergleichbaren Haushaltsprodukten. Es gibt wenige Kategorien, bei der noch so viele Altgeräte im Umlauf sind. Grund hierfür könnte in der Liebhabercommunity liegen, in der viele die Espressomaschine als Hobby sehen und dadurch mehr Zeit in Reparatur und Wartung investieren. Zudem legen die Leute mehr Wert auf qualitative Geräte. Auch dank des Internets gibt es gute Vernetzungsmöglichkeiten durch Foren oder Datenbanken, sowie einen hervorragenden Ersatzteilmarkt. Neu produzierte Espressomaschinen ähneln außerdem den langlebigen Modellen von früher.

Damit kann man das Umfeld um Espressomaschinen als ein Musterbeispiel für einen nachhaltigen Umgang mit einem Produkts bezeichnen und sollte dieses Konzept auf andere Branchen projizieren.